

黒潮親潮移行域へ北上するカツオの代謝変動とその生態学的意義

浜 田 篤 信・二 平 章

Metabolic Regulation and It's Ecological Significance of Skipjack Tuna
Katsuwonus pelamis which Migrates to the Kuroshio-Oyashio Transitional Area

Atsunobu HAMADA and Akira NIHIRA

日本近海域に春季北上回遊してくるカツオは、一部は黒潮前線の手前でUターンして南下回遊するが、ある条件を満たしたカツオは黒潮前線を乗り越え、黒潮親潮移行域に北上し、夏季以降には北緯40度以北にまで達する。その後、秋季には南下回遊に転じ、再び北側から黒潮前線を通過して亜熱帯海域へ回遊する。高水温域に起源を持つカツオが黒潮前線を乗り越え、低水温域に回遊するメカニズムやその生態学的意義については、二平(1996)によって明らかにされてきているが、ここではそれを生化学的に検証する目的でカツオの肝臓中の遊離脂肪酸やRNA/DNA等を測定して、この水域に回遊するカツオの代謝活動やその生態学的意義について検討した。

方 法

1. カツオの採集

カツオ一本釣り漁船によって漁獲され、ただちに約0℃の氷冷下に置かれた状態のカツオを漁獲後2~3日以内に入手し、肝臓を取り出して分析に供した。生化学的分析のための試料の調整と分析は全て氷冷下でおこなった。

2. RNA/DNAの分析

ガラス製ホモジナイザーを用いて肝臓の10%ホモジナイズを作成し、Buckley & Bulow (1987)の方法にしたがって抽出し、その260nmにおける吸光度を測定して求めた。

3. トランスアミナーゼの分析

肝臓の10%ホモジナイズ液を5000rpmで10分間円

心分離し上澄みを試料とし、Reitman-Frankel法にしたがってGOT及びGPT活性を測定した。すなわち、あらかじめ37℃に15分間静置したGOT及びGPT基質液1.0mlにホモジナイズ上澄み液0.2mlを加え37℃に60分間(GPTは30分)放置した後、1mMの2,4ジニトロフェニル・ヒドラジンを加えて発色させてその吸光度を測定して求めた。

4. 遊離脂肪酸の測定

肝臓の10%ホモジナイズ液の上澄み液についてジエチル・ジチオカルバミン酸法にしたがって測定した。即ち、ホモジナイズ液0.5mlに硫酸、クロロホルム液5mlを加えて混合して抽出し、更に精製水2.0ml及び3mlのクロロホルムを加えて遊離脂肪酸を移した。このクロロホルム層の3mlを取り、0.5mlのジエチル・ジチオカルバミン酸試薬を加えて発色させ440nmで比色して求めた。

5. TCA Cycle関連有機酸

10%ホモジナイズ液50mlをpH2に調節した後、N/5 NaOH 5mlを受器に加えてソックスレー抽出器で12時間エーテル抽出した。蒸発乾固してナトリウム塩とした後、Yamashita(1973)にしたがって、n-ブチルエステル化した後、silicone DC550を充填材としてガスクロマトグラフィーを用いて分別定量した。検出器はFID、60-225℃の間で昇温分析を行った。

結 果

1. 肝臓中のRNA/DNA値の変動

蛋白合成速度の指標であるRNA/DNA値について肝臓中の値を求め、図1の結果を得た。黒潮前線以南

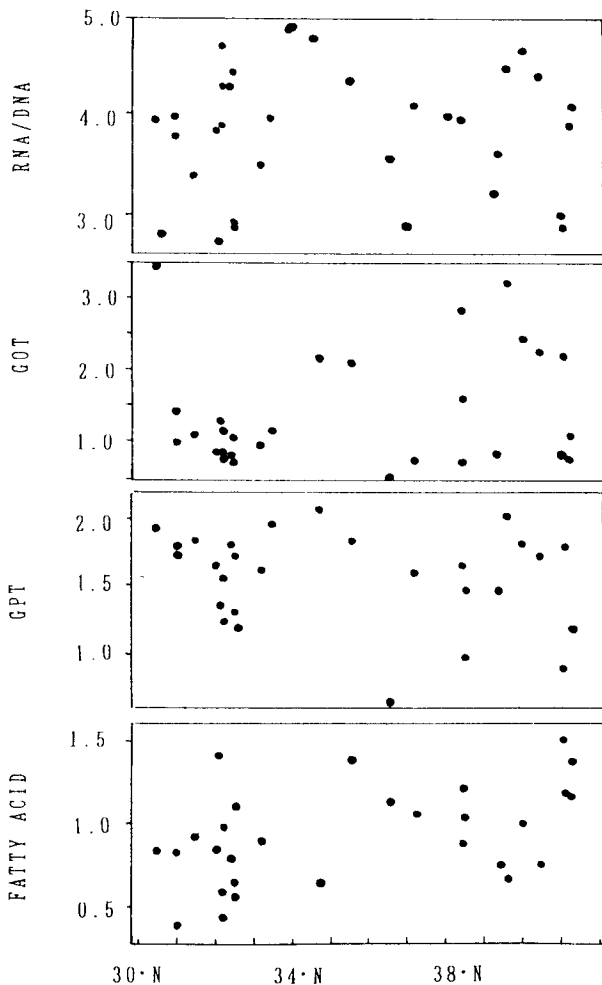


図1 カツオ肝臓中における生化学的物質の緯度別変化

の海域では、肝臓中のRNA/DNA値はカツオが北上するのにもなって上昇した。北緯30度から32度の間では、2.7~4.7の範囲にあったが、34度付近では4.8~5.0の最も高い値を示した。

黒潮前線以北にまで北上した個体でも北緯39度から41度付近で4.3~4.7の範囲の高い値を示す個体が17個体中5個体見られたが全体の傾向は北上するにしたがって肝臓中のRNA/DNA値は減少した。

以上の結果から、カツオが北上回遊して黒潮前線に達するまでの過程では、個体の成長が活発であるが、前線を乗り越え黒潮親潮移行域に入ると個体の成長が抑制されるようになるものと考えられる。

2. 肝臓組織中のトランスアミナーゼ活性の変動

肝臓組織中のGOT活性値は北緯34度以南では全ての個体で比較的低い値を示したが、34度以北で採捕された個体では、34度以南の個体のGOT活性値の2倍以上の値を示す個体が全体の60%に当たる10個体出現した。全体的には北上するのにもなってカツオのGOT活性値は上昇する傾向を示した。

肝臓組織中のGPT活性値は黒潮前線以南では比較的高い値を示したが、前線以北では相対的に低い値を示す個体が出現した。全体的には北上するのにもなってGPT活性値はやや減少した。

3. 肝臓中の遊離脂肪酸含有量の変動

肝臓中の遊離脂肪酸含有量は同じ緯度(例えば北緯32度20分)で採捕された個体でも大きな変動がある。しかし、黒潮前線以南で採捕された個体では1mg/g以下の含有量を示す個体が90%を占めたのに対し、35度以北で採捕された個体では1mg/g以下の値を示した個体は27%と黒潮前線を境として明瞭な差が見られ、黒潮前線以北に移動した個体では肝臓中の遊離脂肪酸含有量が高まることが確認された。

4. 肝臓中のTCA Cycle関連有機酸の変動

1987年5月21日に北緯31度47分、東経144度47分

の地点で一本釣りで漁獲されたカツオの肝臓中に含まれるTCA関連の有機酸含有量を測定し図2の結果を得た。acetate, pyruvate, succinate, citrateが検出されたが、その他にaconitinate, もしくはiso-citrateと思われる物質が比較的少量に検出された。これらの有機酸の中で特に大量に検出された物質はpyruvateであった。そこで、次に異なる地点で採集されたカツオについてpyruvateを測定し、その結果を図3に示した。黒潮前線の南側で採捕された個体では肝臓中のpyruvateは低い値を示したが、黒潮前線付近で最も高い値を示した。北上するのにもなってやや減少する傾向がみられたが比較的高い水準が保たれていた。

考 察

RNA/DNA値から判断すると、黒潮前線に至るまでの過程ではカツオは北上するのにもなって個体の成長速度は高まる。しかし、黒潮前線を乗り越え移行域へ北上した後は、成長は抑制される傾向を示している。黒潮前線以北の海域は以南の海域に比較して餌料環境は恵まれているが(二平, 1996), 個体の成長速度は北側に入った後に抑制されていることから、その好条件は個体の成長には反映されていない。したがって黒潮前線を越え移行域まで回遊する目的は個体の成長以外のところにあるものと考えられる。トランスアミナーゼ活性をみると黒潮前線を

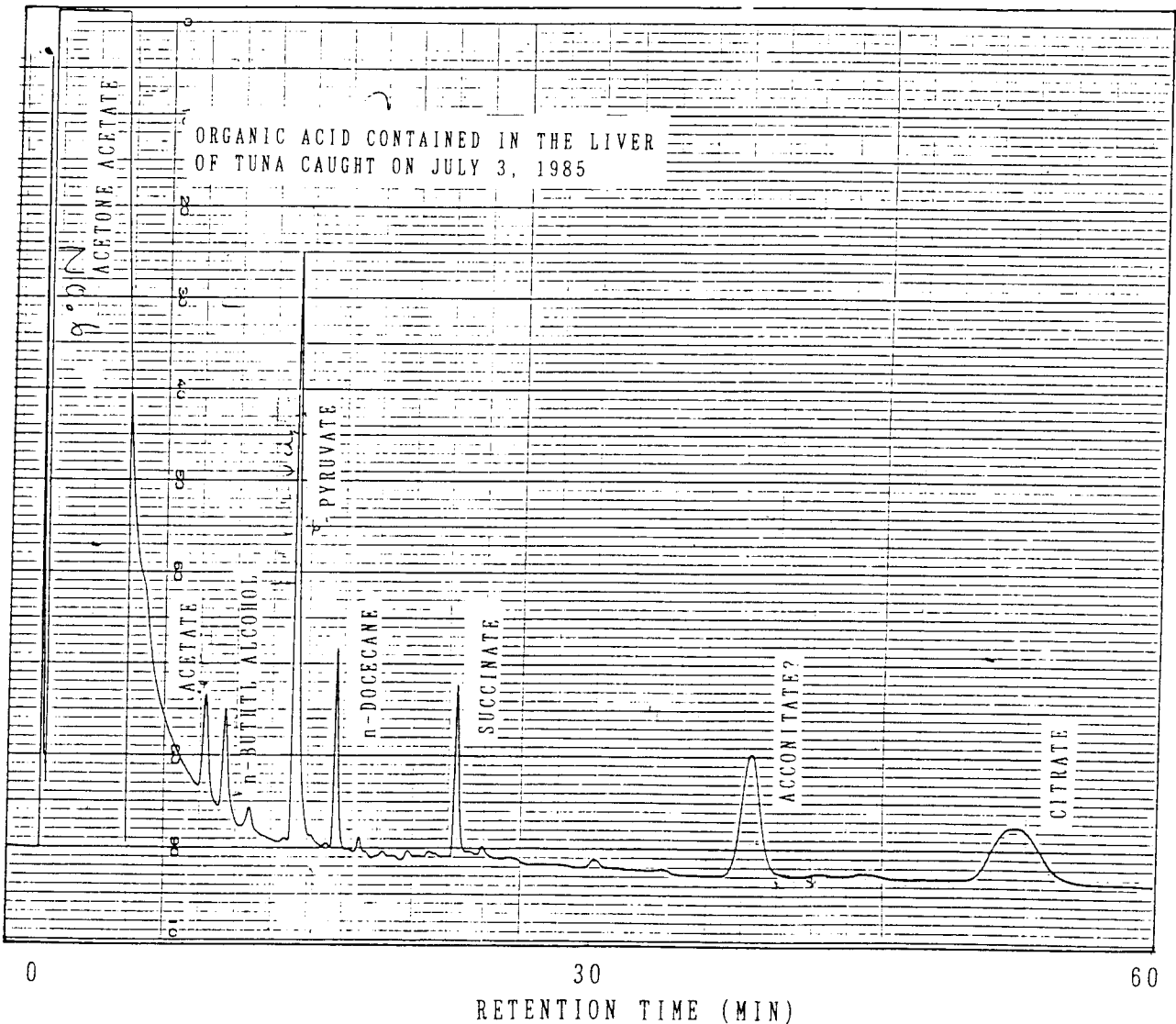


図2 カツオ肝臓中における有機酸のガスクロマトグラムの一例

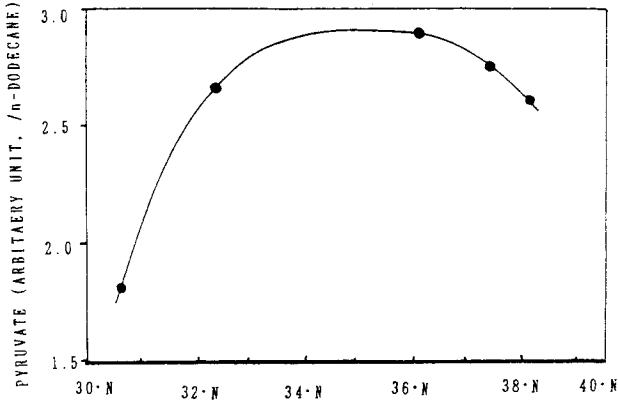


図3 カツオ肝臓中におけるピルビン酸含有量の緯度別変化

境として北側でGOT活性が急激に高まるのに対し、GPT活性値は逆に低下している。このことは黒潮前線を乗り越え、その北側に移動した個体では、その代謝の実体が質的に変化したことを示している。

黒潮前線を越え移行域へ北上したカツオの代謝のもう一つの特徴は肝臓中の脂肪酸とピルビン酸の増大であり、これらがGOT活性の上昇やRNA/DNA値と相互に関連し合って活発な代謝が行われていることを示している。遊離脂肪酸は摂取した餌料中の脂肪が消化分解されて肝臓中に貯蔵された場合にも上昇する。この点を確認するために、肝臓中のRNA/DNA値と脂肪酸含有量との関係を図4に示した。両者の間には負の相関関係が認められる。このことは、肝臓中に蓄えられた脂肪酸は個体の成長に振り向けられるのではなく他の目的の代謝に振り向けられることを示している。

遊離脂肪酸は餌料中にも含まれており、肝臓中の遊離脂肪酸は餌料起源のものもあると考えられる。しかし、肝臓中に比較的高濃度のピルビン酸が蓄積されていることから、それだけに留まらずアミノ酸の脱アミノ反応によってケト酸を産生し、TCA回路、ピルビン酸、更にアセチルCoAを経て脂肪酸や脂肪を生合成しているものと考えられる。さらに、カツオの北上にともなってGOT活性が上昇しているが、このことはアスパラギン酸やオキサロ酢酸の生合成

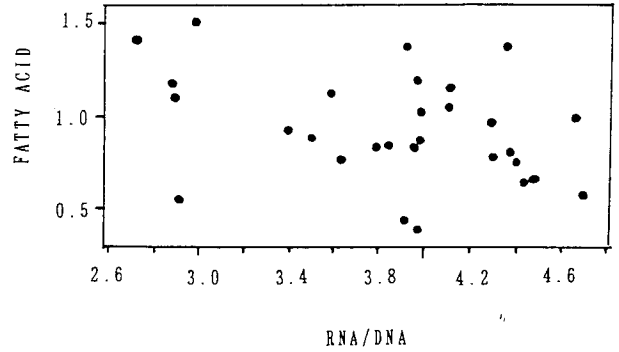


図4 カツオ肝臓中におけるDNA/RNAと脂肪酸との関係

が活発であることを示している。オキサロ酢酸は、ホスホエノールピルビン酸やピルビン酸をへてアセチルCoA、脂肪酸や脂肪の合成へとつながるものである。このことも北上回遊にともなって脂肪の合成が活発となっていることを示している。

以上のようにカツオが黒潮前線を乗り越えて移行域へ北上回遊するのは、個体の成長が主たる目的ではなく、遊離脂肪酸の濃度上昇が示すように脂肪酸の代謝を高めることと脂肪の蓄積が目的と考えられる。それでは、なぜ脂肪酸代謝を活性化したり脂肪を蓄積する必要があるだろうか。

餌料として取り入れられたり体内に蓄積された脂肪は、肝臓中の高濃度の遊離脂肪酸が示すように、まず遊離脂肪酸に分解され、その後、脂肪酸酸化回路において分解されてアセチルCoAを生じ、TCA Cycleに入ってATPを産生し、これが遊泳や生合成のエネルギー源となるものと考えられる。また、こうして産生されたアセチルCoAは、更にステロイドホルモンの産生を通して、最終的には成熟や産卵という再生産のためのエネルギーとして利用されるものと考えられる。

二平 (1996) は、カツオが移行域の低水温環境に侵入するためには摂食による発熱 (Specific Dynamic Action) や蓄積脂肪消化による発熱、皮下脂肪による断熱効果が必要であることを指摘したが、本報告の生化学的検討も、その結果を裏付けるものである。

引用文献

- 二平 章 (1996) 潮境におけるカツオ回遊魚群の行動生態および生理に関する研究. 東北水研研報. 58,137-233.
- Buckley, L.J and F.J. Bulow (1987) Techniques for the estimation of RNA, DNA, and protein in fish. ed. by R.C. Summerfelt and G.E. Hall, Age and Growth of Fish, Iowa State University Press, 345-354.
- 植田伸夫 (1967) 単純脂質研究法. 安藤敏朗他編, 生化学研究法 I, 75-76, 東京, 朝倉書店.
- Yamashita (1973) Butyl esterification from simultaneous determination of volatile and nonvolatile organic acids by gas chromatography. Jap. J. Analist 22, 1334-1341.